

数字孪生城市白皮书

（2020 年）

中国信息通信研究院

2020 年 12 月

版权声明

致 谢

数字孪生城市将新型智慧城市建设推向了一个新的高度，三年来中国信息通信研究院一直在牵头，联合产业界开展研究，从概念向方案不断推进，目前已是第三次发布数字孪生城市白皮书，持续引领行业发展。值得欣慰的是，每年白皮书的发布，对社会各界了解、认识数字孪生城市发挥了重要作用，对各地规划建设数字孪生城市起到强有力的指导作用，为部分创新性企业提供了一条参与智慧城市市场竞争的新赛道。随着热度不断提升，参与研究的各类主体逐年增多，本次白皮书依然凝聚了产学研各领域专家的智慧和贡献，在此致以衷心的感谢。由于数字孪生城市理论的创新性和技术的复杂性，目前研究的深度还远远不够，请各界多提宝贵意见和建议。

牵头单位：中国信息通信研究院

支持单位：泰瑞数创科技(北京)有限公司、北京五一视界数字孪生科技股份有限公司、北京优锘科技有限公司、北京超图软件股份有限公司、上海孪数科技有限公司、北京大学时空大数据协同创新中心、北京航空航天大学、中关村智慧城市产业技术创新战略联盟、广联达科技股份有限公司、中国电信集团有限公司、成都四方伟业软件股份有限公司、中国通信建设集团有限公司、中国雄安集团数字城市科技有限公司、软通智慧科技有限公司、科大讯飞股份有限公司、北京世纪高通科技有限公司、苍穹数码技术股份有限公司、汉威科技集团股份有限公司等

编写指导：余晓晖、胡坚波、王爱华、史德年、徐志发、刘高峰

编写小组（排名不分先后）：高艳丽、陈才、张育雄、孟楠、王潇、闫嘉豪、张竞涛、李翀、郑子辉、刘俊伟、黄栋、赵彦利、王金兰、刘晓伦、张帆、徐静进、张宇、陈傲寒、沈祎岗、刘钰胜、吴娜、纪德勇、陈显、程承旗、李林、刘广、张宁、马俊杰、龙浩、李超、石会昌、邢洁、王军、范旭丽、韩鹏、蔡高远、胡杰、曾祥宇、熊颖、赵龙军、崔丹丹、尹洪涛、柏翔、赵文学、刘啸、王云、邱凤翠、杨超、马晓彬、李春蕾、常磊等

前 言

今年以来，“数字孪生”不再只是一种技术，而是一种发展新模式、一个转型的新路径、一股推动各行业深刻变革的新动力。“数字孪生城市”不再只是一个创新理念和技术方案，而是新型智慧城市建设发展的必由之路和未来选择。

本报告首先从政产学研用多视角系统分析今年以来数字孪生城市发展的总体态势；其次，从数字孪生城市的典型特征和总体架构出发，提出当前阶段数字孪生城市的核心能力框架，并深入分析各核心能力的要义和作用，尝试发掘并验证数字孪生城市在城市现代化治理方面的重要价值，为城市建设和产业发展探寻方向；最后，报告梳理了当前数字孪生城市发展中面临的共性问题，并对下一步建设实施提出策略与建议。

从发展态势来看，“数字孪生城市”历经 2017 年和 2018 年的概念培育期、2019 年的技术方案架构期，已正式步入到建设实施落地期，国家政策密切关注，地方规划加速落地，企业方案务实搭建，学术科研前瞻布局，市场规模爆发增长，产业生态积极构建，应用场景日益完善，全球共识逐渐达成。

从核心能力来看，为体现数字孪生城市价值和突出精准映射、虚实交互、软件定义、智能干预等典型特征，基于数字孪生城市“三横两纵”总体架构，本报告凝练提出物联感

知操控、全要素数字化表达、可视化呈现、数据融合供给、空间分析计算、模拟仿真推演、虚实融合互动、自学习自优化、众创扩展能力等凸显数字孪生城市重要价值的九大核心能力要素，形成数字孪生城市的“能力空间”。

从发展建议来看，随着数字孪生城市的落地实施，暴露出一系列现实问题，例如典型应用场景深度不足、CIM 平台重复建设、时空数据标准难统筹、存在卡脖子技术制约等。CIM 平台的统筹推进、数据规范标准的兼容互通、典型应用场景和市场需求的培育以及生态合作机制的建立等多项任务的推进效果，将决定下一阶段数字孪生城市的发展水平。

目 录

图 目 录

一、数字孪生城市发展态势

十九届五中全会发布的《国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》提出，坚定不移建设制造强国、质量强国、网络强国、数字中国，必须加快数字化发展，为数字孪生城市指明了方向。数字孪生城市是新一代信息技术在城市的综合集成应用，是实现数字化治理和发展数字经济的重要载体，是未来城市提升长期竞争力、实现精明增长、实现可持续发展的新型基础设施，也是一个吸引高端智力资源共同参与，持续迭代更新的城市级创新平台。

（一）数字孪生技术纳入国家和地方发展战略体系

多部委加速推动数字孪生城市相关技术、产业、应用发展。一年来，国家发改委、科技部、工信部、自然资源部、住建部等部委密集出台政策文件，有力推动城市信息模型（CIM）及建筑信息模型（BIM）相关技术、产业与应用快速发展，助力数字孪生城市建设。2020年4月，国家发改委和中央网信办联合发布《关于推进“上云用数赋智”行动 培育新经济发展实施方案》，将数字孪生技术提到了与大数据、人工智能、5G等新技术并列高度，并启动“开展数字孪生创新计划”，要求“引导各方参与提出数字孪生的解决方案”。住建部、自然资源部分别出台BIM、CIM相应技术应用规范或导则，引导CIM平台规范建设。发改委、科技部、工信部分别设立相应政策或研究课题，鼓励CIM相关产业发展和技术突破。

2019年10月
发改委
《产业结构调整指导目录（2019年）》将基于大数据、物联网、GIS 等为基础的城市信息模型（CIM）及建筑信息模型（BIM）相关技术开发与应用设为鼓励性产业。

2019年11月
自然资源部
《自然资源部信息化建设总体方案》提出“三维立体自然资源一张图”。

2019年12月
住建部
2020年九大重点任务提出“加快构建部、省、市三级CIM平台建设框架体系。”

2020年2月
工信部
《建材工业智能制造数字转型三年行动计划（2020-2022年）》提到“运用BIM技术以及计算建模、实时传感、仿真技术等手段。

2020年4月
发改委和中央网信办
《关于推进“上云用数赋智”行动 培育新经济发展实施方案》提到支持在具备条件的行业领域和企业范围探索大数据、人工智能、云计算、数字孪生、5G、物联网和区块链等新一代数字技术应用和集成创新。

2020年9月
住建部
《城市信息模型（CIM）基础平台技术导则》指导各地开展CIM基础平台建设。

图 1 国家部委出台相关政策

数字孪生城市成为地方信息化发展关键举措。随着数字孪生城市在雄安新区先行先试，数字孪生建设理念深入到各地新型智慧城市及新基建规划中。省级层面，上海市发布《关于进一步加快智慧城市建设的若干意见》，明确提出“探索建设数字孪生城市”；海南省发布《智慧海南总体方案》，提出“到 2025 年底，基本建成‘数字孪生第一省’”；浙江省提出建设数字孪生社区。在市级层面，贵阳、南京、合肥、福州、成都等地纷纷提出以数字孪生城市为导向推进新型智慧城市建设。

表 1 各地数字孪生城市相关政策

序号	地区	时间	政策名称	政策内容
1	上海市	2020.2	《关于进一步加快智慧城市建设的若干意见》	探索建设数字孪生城市，数字化模拟城市全要素生态资源，构建城市智能运行的数字底座。
2	浙江省	2020.4	《浙江省未来社区建设试点工作方案》	提出构建现实和数字孪生社区。
3	吉林省	2020.4	《吉林省新基建“761”工程实施方案》	加快边缘计算、数字孪生、NB-IoT(窄带物联网)、人工智能、区块链等技术产业创新应用。
5	海南省	2020.8	《智慧海南总体方案	到 2025 年底，基本建成以“智慧赋能

序号	地区	时间	政策名称	政策内容
			（2020-2025年）》	自由港”“数字孪生第一省”为标志的智慧海南。
6	广东省	2020.10	《广东省推进新型基础设施建设三年实施方案（2020-2022年）》	探索构建“数字孪生城市”实时模型，形成集应用服务中枢、决策分析助手、治理指挥平台、规划专家系统于一体的全要素“数字孪生城市”一网通管系统。
7	雄安新区	2018.4	《河北雄安新区规划纲要》	坚持数字城市与现实城市同步规划、同步建设，打造具有深度学习能力、全球领先的数字城市。
8	南京江北新区	2019.6	《南京江北新区智慧城市2025规划》	将着力推动城市发展向智能化高级形态迈进，率先建设“全国数字孪生第一城”。
9	安徽省合肥市	2019.8	《智慧社区三年行动规划》	到2021年底，数字孪生社区模型平台、社区网格化协同治理平台实现对社区全要素的精细协同管理。
10	广东省广州市	2019.12	《关于进一步加快推进我市建筑信息模型（BIM）技术应用的通知》	为进一步加快推进BIM技术在规划、勘察、设计、施工和运营维护全过程的集成应用。
11	贵州省贵阳市	2020.1	《数博大道数字孪生城市顶层设计》	到2021年底，从花果园大型社区治理、数博大道等小型城市生态系统上打造数字孪生城市
12	江苏省南京市	2020.4	《南京市数字经济发展三年行动计划》	建设数字孪生城市，以数据资源开放释放“数字红利”
13	福建省厦门市	2020.4	《厦门市推进BIM应用和CIM平台建设工作方案》	扩大BIM报建应用试点，形成项目BIM报建全生命周期覆盖
14	浙江省宁波市	2020.6	《宁波市推进新型基础设施建设行动方案》	促进数字孪生理念在未来社区实体建设中落地应用，重点推广应用BIM和CIM技术。
15	福建省福州市	2020.6	《福州市推进新型基础设施建设行动方案（2020-2022年）》	汇聚地理空间（GIS）、城市与建筑（CIM+BIM）、动态物联网（IoT）、经济社会关系与规则(AI)等数据信息，聚焦重点场景有序建设数字孪生城市。
16	四川省成都市	2020.10	《成都市智慧城市建设行动方案（2020—2022）》	融合政府、企业和社会数据，叠加实时感知数据，全要素模拟城市运行状态，

序号	地区	时间	政策名称	政策内容
				打造数字孪生城市。

（二）数字孪生城市从概念培育期进入建设实施期

作为数字孪生城市核心要素的 CIM 相关项目数量明显增多，为数字孪生城市建设打造底座。自 2017 年“数字孪生城市”建设理念问世以来，各地政府和产业各界加紧布局。中国信通院统计，2018 年城市信息模型（CIM）相关投标项目全国仅有两项，2019 年新增 8 项，2020 年（截至 2020 年 10 月）新增 19 项，增长迅猛，标志城市信息模型已加速进入到规模实施阶段。据公开数据统计，仅城市信息模型公开招标投标项目的总费用超过 8 亿元，以 CIM 为切入点推进数字孪生城市落地趋势向好。

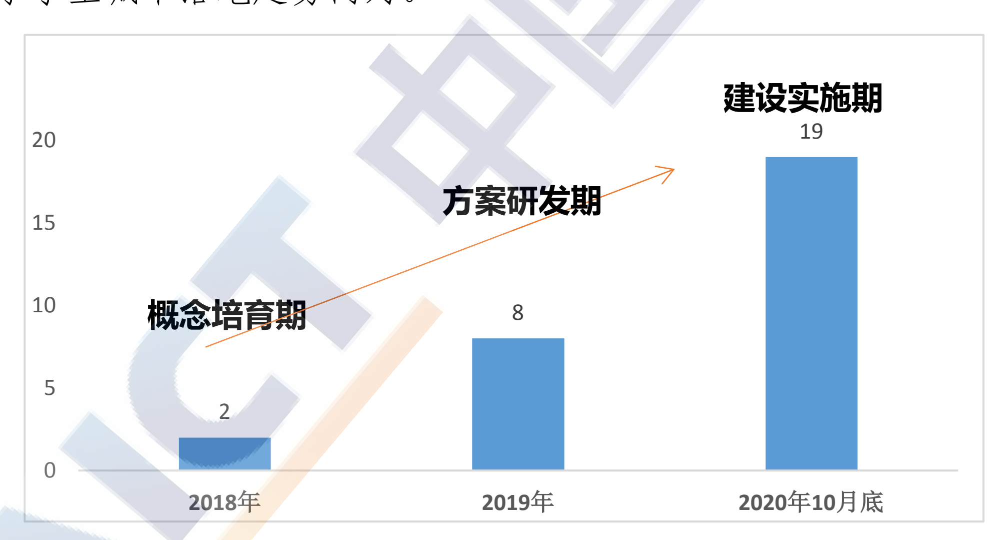


图 2 城市信息模型（CIM）相关投标项目统计

部分城市已启动数字孪生城市整体方案的建设落地。上海市花木街道开展“数字孪生城市”建设项目，打造全域化的花木“房态图”，进一步提升数字化社区治理效能。北京市商务中心区积极建设时空信息管理平台，打造数字孪生 CBD。贵阳市经济技术开发区开展数字

孪生城市安全基础设施建设，投资金额近 6 千万。武汉市投资 3.5 亿元开展智慧城市基础平台（一期）项目，建设内容包含数字孪生城市、万物互联平台、应用支撑赋能平台等。虽然多地已经开展数字孪生城市相关项目实践，但现阶段数字孪生城市整体技术方案尚在探索，远未成熟，各级地方政府需谨慎操作，迭代推进，防止“新瓶装旧酒”。

（三）多家科研机构深入开展数字孪生城市研究

数字孪生城市引发学术科研界普遍关注，纷纷开展系统研究。去年以来，中科院自动化所、北京大学、清华大学、北京航空航天大学等学术机构及高等院校学者纷纷针对“数字孪生城市”与其相关行业应用展开研究。根据中国知网学术期刊发表数量统计，数字孪生城市主题文献发表数量从 2017 年的个位数到 2020 年的超过 60 篇，呈快速增长态势。其中，十余个课题获得国家自然科学基金、国家重点研发计划、国家科技重大专项等基金支持，研究领域涵盖信息科技、宏观经济与可持续发展、计算机软件及应用、建筑科学与工程、自然地理及测绘学等诸多学科，数字孪生城市引起学术界广泛关注。

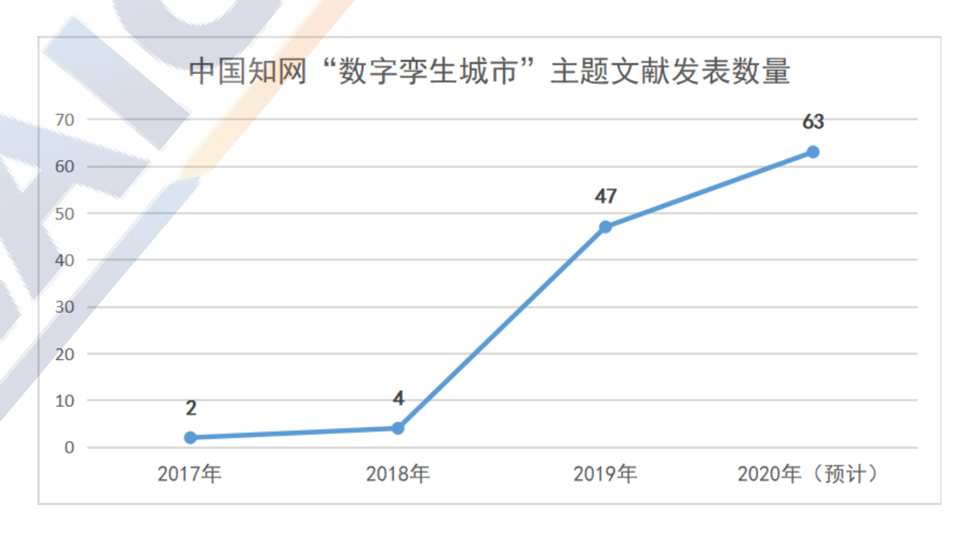


图 3 “数字孪生城市”主题文献发表数量统计

各学术机构从不同方向推出数字孪生城市研究成果。近年来，多个学术机构相继从数字孪生城市的认知理解、技术研究、实践应用等三个方向进行深度研究。中科院自动化所团队从控制论角度出发，提出了“平行城市”的概念，主要包括对实际城市的精准描述、智能预测、主动引导三大功能。北京大学团队注重数字空间分析技术研发，提出数字孪生城市空间网络框架，并研发GDS（网格数据系统）数据平台技术，实现多源异构数据汇聚、关联与高效计算。北京航空航天大学团队从制造领域出发，提出物理实体、虚拟实体、连接、孪生数据、服务的五维模型，并将理论逐渐延伸到城市管理、安全急救等智慧城市领域。中国信通院联合互联网企业、地理信息企业、建模仿真企业等全产业链合作伙伴，共同搭建了数字孪生城市原型系统，务实探索验证数字孪生城市到底“怎么建”和“怎么用”问题。

（四）更多市场主体围绕数字孪生重构技术方案

数字孪生城市传统阵营持续扩大，更多类型企业加速入局形成新阵营。随着数字孪生城市热度不断提升，地理信息与测绘、BIM、建模仿真、集成商和运营商等四大阵营持续扩张。四维图新结合其在高精度地图及地理信息数据方面的优势，在交通运行、城市精细化治理等领域推出数字孪生应用案例。苍穹数码基于KQGIS系列平台搭建数字孪生城市能力平台，支撑城市规建管一体化、不动产登记等应用服务。中国电信发挥其物联网平台优势，利用三维模型、传感器、运行历史等数据，构建多个数字孪生园区。此外，更多行业企业入局构建数字孪生城市解决方案，成为新产业阵营。四方伟业、明略数据等

大数据公司，深耕数据知识图谱，实现城市各类型数据可视化分析，支撑集成多种应用。孪数科技基于其自主可控的三维图形引擎及空间计算技术，为智慧城市、航空航天、海洋工厂、教育等行业提供优质的数字孪生服务。华东勘测院等城市规划设计院将城市全要素数字化技术应用于未来社区建设，为社区量身打造 CIM 平台。

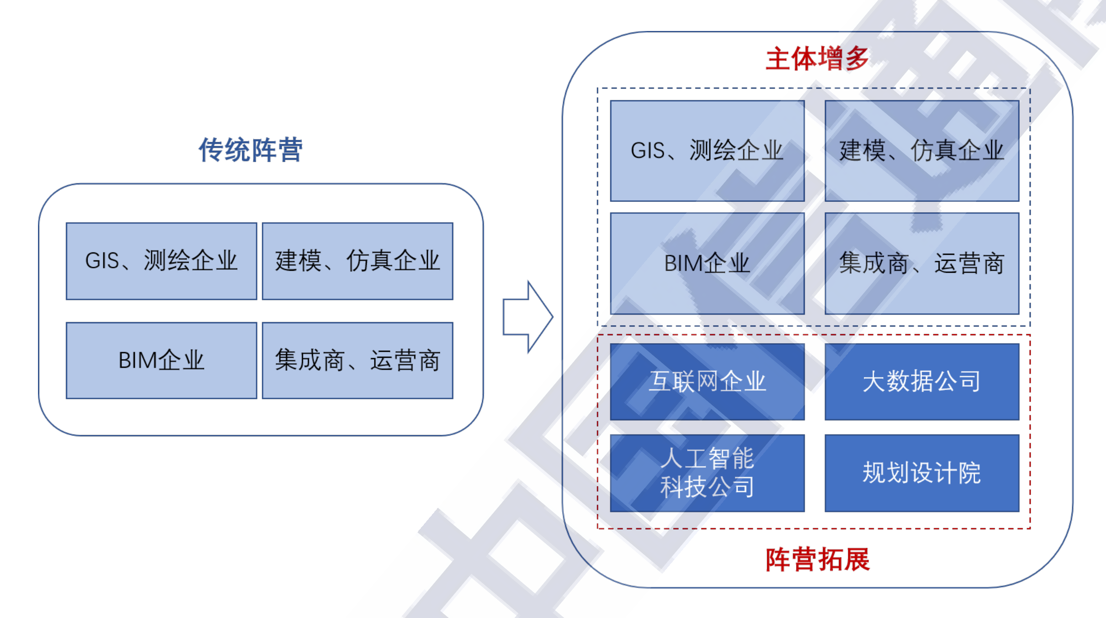


图 4 数字孪生城市新型企业阵营

传统智慧城市企业加速重构数字孪生城市解决方案。多个智慧城市行业领先企业深刻理解数字孪生城市概念的先进性与前瞻性，重构优化其智慧城市解决方案。科大讯飞基于“城市超脑”建设经验，以数字孪生城市为目标，利用大数据、人工智能、视频感知等技术，将数字城市、智慧场景与超脑平台紧密集合，构建具有深度学习能力的数字孪生城市平台。腾讯云结合其在政务、教育、医疗等传统智慧城市方面建设经验，搭建 CityBase 平台，探索基于数字孪生的“腾讯方案”。京东数科打造智能城市操作系统，支撑跨领域、跨部门、跨区域的即时数据处理、数据融合，并在交通、环境、能耗等领域开展

创新应用。

（五）数字孪生城市合作生态呈现交织互促态势

围绕数字孪生城市建设，跨行业协作生态共融已成共同选择。数字孪生城市的建设是一个涉及多环节、多领域、跨部门的复杂系统工程，随着数字化的发展，企业在竞争中发展出共生关系，生态共融正成为行业共识。各大 ICT 企业及互联网巨头主导生态建设，空间信息、BIM 模型、模拟仿真、人工智能等各环节技术服务企业积极参与，同时，运营商、技术提供商、集成商、设备供应商等产业链上下游企业及其他行业伙伴全面激活，联合打造数字孪生城市场景应用，初步形成共建数字孪生城市底座与开放能力平台的生态化发展模式。

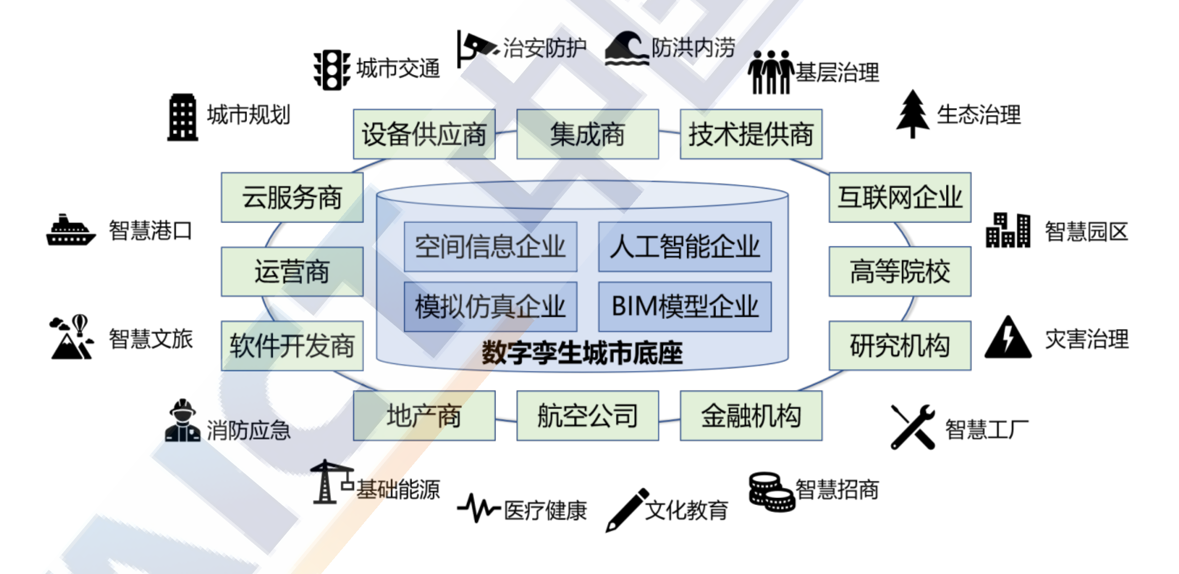


图 5 数字孪生城市各类企业主导生态圈

ICT 行业巨头集聚产业链关键环节力量，打造数字孪生城市生态。腾讯云牵头与飞渡科技、奥格智能等空间信息厂商，共同建设基于 CIM 的产业互联网平台 CityBase，并联合东华科技、地厚云图、大象云、有明云等各行业领先企业，携手打造智慧工厂、智能建造、

城市应急等十余个场景。京东数科依托“智能城市操作系统”，打造数字孪生城市的数据基础和技术底座，向云服务公司、智能硬件公司及行业解决方案公司开放能力。华为基于自身在物联感知、5G、人工智能方面的领先优势，打造城市数字平台，提升基础资源统筹能力，以普惠 AI 为引擎，深度赋能科研院校、应用开发商及解决方案集成商等数字孪生生态合作伙伴，构建百花齐放的应用场景。

关键环节企业以专长优势参与多个生态，深耕数字孪生城市市场。泰瑞数创与科大讯飞、中国电子、紫光云等行业头部企业达成战略合作，以 SmartEarth 数字孪生底座为核心，推出覆盖全产业链的平行世界数字孪生服务平台，打造更加全面精细的服务，加入多个数字孪生城市生态，与各行业伙伴共谋发展新机遇。51WORLD 致力于打造数字孪生城市核心平台，联合三大运营商、招商蛇口、商汤科技等多个行业合作伙伴，参与华为、阿里等多个大型企业数字孪生城市生态之中，并在多地形成落地标杆案例。

（六）新基建有力促进数字孪生城市加速落地

数字孪生成为“新基建”重要组成，“新基建”浪潮加促数字孪生城市“浮出水面”。随着新一轮科技革命和产业变革深入发展，“新基建”成为我国新发展战略方向，各地纷纷出台相关政策文件，部分发达地区将数字孪生纳入“新基建”建设范畴。国家大力推进“新基建”建设，一方面带动 5G、物联网、边缘计算、云计算、人工智能等支撑数字孪生城市的技术更加成熟，另一方面推动互联网、大数据、人工智能等技术与传统基础设施融合，形成智能融合基础设施，推动

物理城市向数字化网络化智能化转变，城市将在“新基建”推动下，逐渐形成以数据为核心要素的泛在标识、泛在感知、泛在连接、泛在计算和泛智能化总体格局，支持精准映射和虚实融合，高水平构建智能定义一切的数字孪生城市逐渐成为可能。

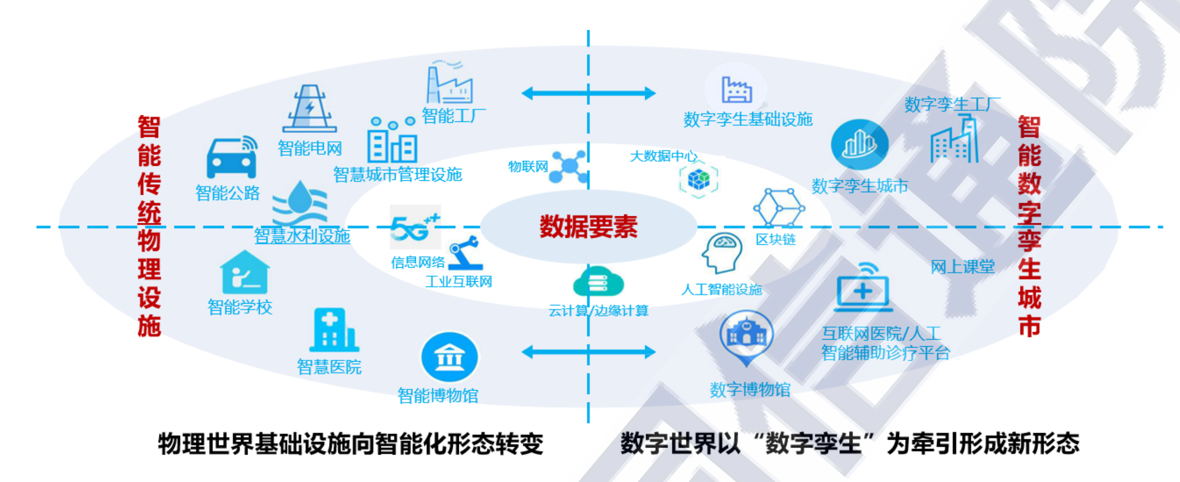


图 6 “新基建”加促数字孪生城市形成

（七）数字孪生城市加快推动城市治理创新

数字孪生城市支撑治理体系和治理能力现代化。十九届四中全会以来，国家高度重视现代化治理体系的构建。数字孪生城市具有打破领域壁垒、打通层级边界等特性，对于高效能推进城市治理作用重大。上海市基于实时更新的数字孪生城市模型，叠加静态与动态数据，精准呈现城市运行状态，打造深基坑安全监管、玻璃幕墙安全监管、违法建筑治理等多个虚实交互的城市治理场景，构建城市运行管理“一网统管”体系，实现城市问题精准发现与智能处置，形成“市-区-镇（街道）”三级联动的跨领域协同治理新格局。

“数字孪生”推动城市规建管一体化发展。协同推进城市规划建设和管理，有利于城市规划不走弯路，城市建设可观可控，城市管理

有据可依，是城市统筹发展的重要基础。通过在数字孪生城市模型上仿真试错，提前了解城市特性、评估规划和建设后果，以更低的成本快速推动城市规划建设落地。南京市江北新区以数字孪生模型为底板，构建城市虚拟化数字实体，打造规划、建设和管理全过程可视化、可模拟、可分析能力，赋能土地规划、工程建设、城市管理等“规建管”应用场景，全面提升城市规划与建设管理数字化、智能化水平，实现城市规划自动修正，城市建设全程可控，城市运行精准呈现。

（八）数字孪生城市技术和应用能力不断提升

城市信息模型相关技术应用加速走向成熟。随着数字孪生城市从概念培育期走向建设实施期，物联感知、新型测绘、BIM/CIM 建模、可视化呈现等相关基础技术加速成熟应用。上海、北京、雄安等地加强物联感知的统筹建设和感知资源整合，推进城域物联感知平台建设，物联网碎片化问题有望得以破解。住建部发布 CIM 平台技术导则，自然资源部启动实景三维中国建设，全国各地加快 CIM 平台的落地建设，带动 BIM 建模、倾斜摄影建模、手工建模、语义建模等建模技术成熟应用，建模技术之间的兼容性得到解决，模型数据的整合治理能力显著提升，诸多企业纷纷着手搭建数字孪生模型构建公共服务平台，为全社会提供模型公共服务能力。

城市大数据与城市信息模型加速融合，模拟仿真、空间计算、深度学习等应用有望取得重要突破。伴随着数字资源价值化和大数据企业加入数字孪生城市建设阵营，以空间信息为索引的城市大数据治理体系日益完善，多元数据融合能力显著提升，数据资源价值进一步得

以释放，行业创新应用不断涌现。但是，基于空间数据的模拟仿真推演、空间分析计算、人工智能深度学习等仍存在诸多发展瓶颈，例如未发挥全要素数据优势进行更大尺度上的模拟仿真，结果准确性有待提升，计算力受技术储备不足的制约等，这些因素都在制约着数字孪生深度集成应用的开发与推广。

（九）数字孪生理念启发千行百业缩短数字化路径

数字孪生缩短行业数字化进程，开创行业应用新路径、新模式。数字孪生城市建设模式在交通、能源、水利、工厂、医疗等行业领域得以迅速推广和复制。北京搭建区域交通数字孪生仿真系统，提升西三环微观仿真的可视化与交互能力，为交通改善工作提供方案评估和比选的工具。北京朝阳区消防救援支队通过数字孪生技术，针对管理辖区建筑场景，真实高效地进行各类消防预案的应急演练。华西医院通过智能可穿戴式设备，实时采集患者心血管诊疗数据和体征数据，结合专家学者经验与 AI 算法，打造实时预警和预先判断的数字孪生诊疗体系。廊坊热电厂充分利用数字孪生技术，实现生产制造全过程数字化、智能化管理，实现一、二类故障精准诊断和预判率达 85%以上。云南抚仙湖打造数字孪生湖体，通过接入水务感知数据，精准发现污水泄漏点、地下暗河流入等状态，实现河湖管理数据可视、监测可控、仿真推演。

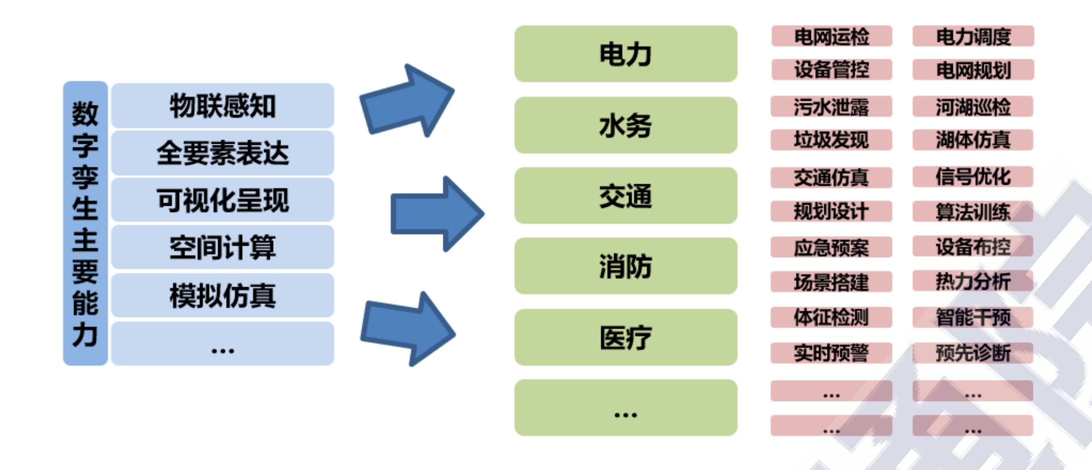


图 7 数字孪生启发行业加速转型

数字孪生在小空间区域的应用取得率先突破，显著改善治理服务智能化水平。由于数字孪生建设成本较高，很适用于园区、社区、港口等资源、人口密集型区域，充分发挥其精细精准治理能力。北京当代 MOMA 社区借助数字孪生技术，打造细节仿真的空间环境、精细可视的建筑主题、以及基础设施建设的微观还原能力，实现事前宏观感知、事中精准调动、事后业务闭环的管理模式。华为松山湖园区通过实时接入园区感知数据，建立基于园区实时运行状况的数字孪生场景，实现园区运营可视分析、业务闭环联动、决策仿真模拟。招商局前海智慧港通过数字孪生技术，动态追踪数十万集装箱、仿真模拟码头设备运行状况、综合评估运营调度计划、精准管控装卸货作业，实现港口运作智能化、港航管理智慧化。

（十）全球重要经济体积极推进数字孪生建设

美、英等国将数字孪生从局部探索提升为国家战略。今年以来，英、美两国加大对数字孪生城市的重视，分别将数字孪生上升为国家

战略政策积极推进，2020 年 4 月，英国重磅发布《英国国家数字孪生体原则》，讲述构建国家级数字孪生体的价值、标准、原则及路线图。2020 年 5 月，美国组建数字孪生联盟，联盟成员跨多个行业进行协作，相互学习，并开发各类应用。美国工业互联网联盟将数字孪生作为工业互联网落地的核心和关键，正式发布《工业应用中的数字孪生：定义，行业价值、设计、标准及应用案例》白皮书。德国工业 4.0 参考框架将数字孪生作为重要内容。

表 2 一些国家出台数字孪生相关政策

国家	时间	政策名称	政策内容
德国	2019.3	《德国“工业 4.0”》	数字孪生体不是单个对象或单一的数据模型，而是包括数字化展示、功能性、模型、接口等诸多不同的方面。
美国	2020.2	《工业应用中的数字孪生：定义，行业价值、设计、标准及应用案例》	从工业互联网的视角阐述了数字孪生的定义、商业价值、体系架构以及实现数字孪生的必要基础，通过不同行业实际应用案例描述工业互联网与数字孪生的关系。
英国	2020.4	《英国国家数字孪生体原则》	构建国家级数字孪生体的价值、标准、原则及路线图，以便统一各独立行业开发数字孪生体的标准，实现孪生体间高效、安全的数据共享，释放数据资源整合价值，优化社会、经济、环境发展方式。

新加坡、法国等深入开展数字孪生城市建设。随着 5G、物联网产业的快速发展，数字孪生能力进一步凸显，全球各国纷纷把握机遇，实施数字孪生推进计划。新加坡率先搭建了“虚拟新加坡”平台，用于城市规划、维护和灾害预警项目。法国高规格推进数字孪生巴黎建设，打造数字孪生城市样板，虚拟教堂模型助力巴黎圣母院“重生”。

二、数字孪生城市核心能力要素

数字孪生城市核心能力支撑构建城市现代化治理能力。党的十九届四中明确提出国家治理能力和治理体系现代化的总体要求。为了化解城市问题、维护城市秩序、保障城市安全、促进社会公平、提高市民安全感获得感幸福感，城市现代化治理能力主要表现为城市管理者的学习研究能力、决策统筹能力、改革创新能力、打击防范能力、基础管理能力、群众工作能力、舆论引导能力、狠抓落实能力、专业服务能力等。新冠疫情的防控，暴露出城市治理能力存在相当大的问题，比如有资源没调度、有数据没分析、有人力没组织、有网络没效率等等。数字孪生城市具有精准映射、虚实融合、模拟仿真等核心能力，由此衍生出城市风险自动发现、城市运行规律主动洞察、人和物轨迹追踪回溯、事件精准定位管控、决策分析推演、预案仿真演练、预案优化和执行、要素资源高效配置等多种能力，将对构建城市现代化治理体系和治理能力提供强有力的支撑。

数字孪生城市至少具备九大核心能力。从典型场景和技术架构（*在《数字孪生城市研究报告（2019 年）》中有详细描述*）分析，数字孪生城市至少具备九大核心能力。**一是物联感知操控能力，**采集城市“脉搏”数据，反映城市实时运行状态。**二是全要素数字化表达能力，**构建城市语义信息模型，实现现实世界与数字世界精准映射。**三是可视化呈现能力，**渲染数字空间效果，是数字空间城市的“打开方式”。**四是数据融合供给能力，**有序治理数据资源，建立数据资源关系，促进数据资源高效开发利用。**五是空间分析计算能力，**呈现广

域范围内万物三维空间精确关系，是模拟仿真的基础条件能力。**六是模拟仿真推演能力，**基于城市运行规律构建行业分析算法模型，数字空间提前推演运行效果。**七是虚实融合互动能力，**从数字空间观看实体空间情况和控制实体空间设施，通过实体空间设备随时进入孪生城市空间。**八是自学习自优化能力，**通过机器学习算法，预警城市发展问题，制定应对措施并持续优化。**九是众创扩展能力，**发挥公共服务平台属性，支持能力扩展和应用持续创新。

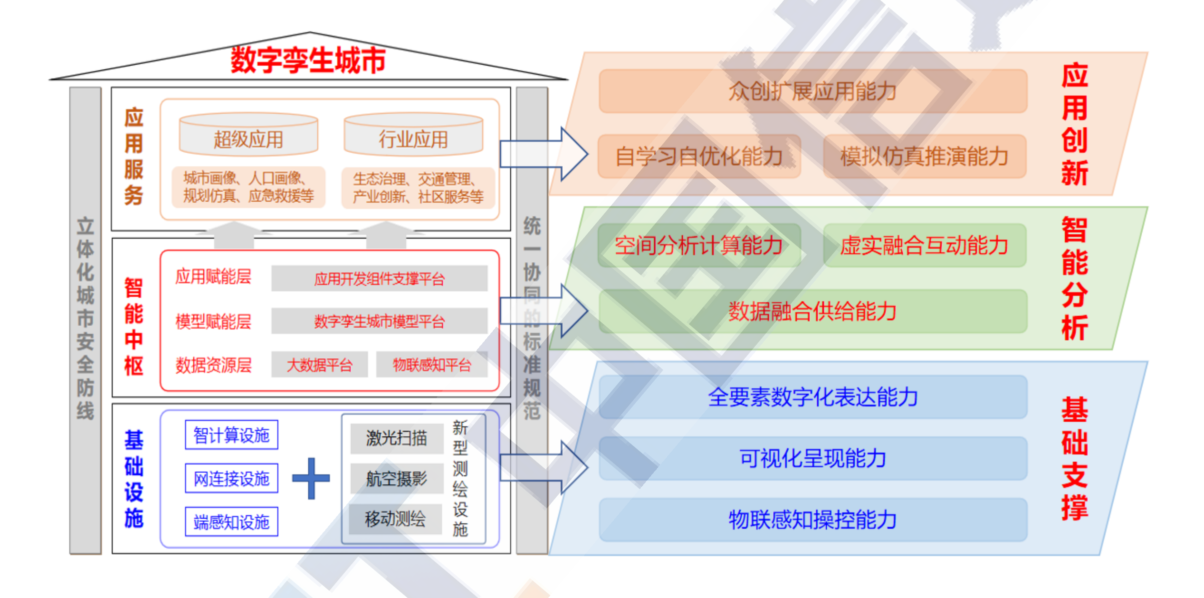


图 8 数字孪生城市核心能力与技术架构对应关系图

九大核心能力有力呼应精准映射、虚实交互、软件定义、智能干预四大特征*（详见《数字孪生城市研究报告（2018 年）》）*，成为数字孪生城市的标准配置，有望规范数字孪生城市建设市场。

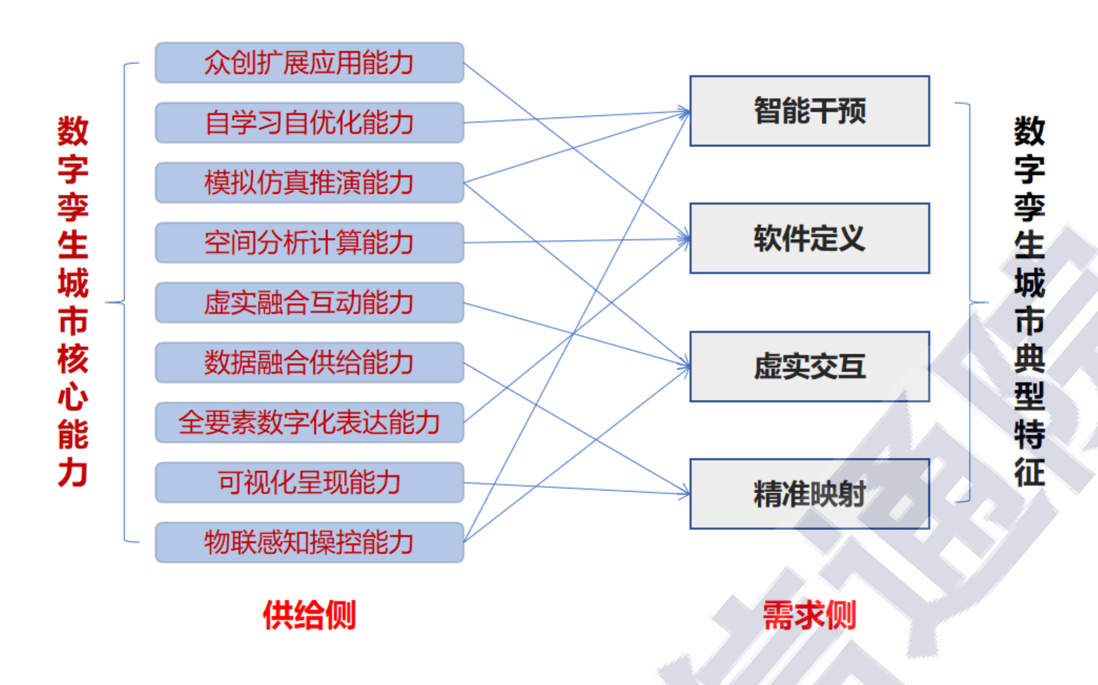


图 9 数字孪生城市核心能力与典型特征关系图

（一）物联感知操控能力：反映实时运行状态

物联感知操控能力，是指通过各种信息传感器、射频识别技术、全球定位系统、红外感应器、激光扫描器等各种装置与技术，实时采集任何需要监控、连接、互动的物体或过程，采集其声、光、热、电、力学、化学、生物、位置等各种需要的信息，通过各类网络接入，实现物与物、物与人的泛在连接，实现对物品和过程的智能化感知、识别、管理和控制。

物联网感知操控能力主要通过“感知”真实物理城市，建立物理城市和数字孪生城市之间的精准映射，实现智能干预，进而为智慧城市大脑提供海量运行数据，使得城市具备自我学习、智慧生长能力。

其主要能力包括但不限于：

1.**全息感知。**通过传感器与城市管网、阀门井室、古树名木、下穿隧道、路灯灯杆等公共基础设施融合，实现基础设施“被感知”；

支持车辆、人员、资源等位置及移动轨迹“追溯”能力；基于AI设备，实现环境污染、违法停车、垃圾满溢、井盖异动等城市运行状态及市容秩序“智能发现”能力；基于多模多制式设备，满足各种场景下多种感知、计算、控制要求。



图 10 城市全息物联感知体系

2.设备管理。通过感知设备管理平台对海量设备和数据进行统一管理。具备连接状态管理功能，实现泛在感知设备的状态实时管理；支持协议解析，实现不同泛在感知设备的协议解析功能；支持消息转发，实现面向上层DaaS或应用的泛在感知设备上报信息的转发功能，支持终端/卡管理，实现通信卡余额查询、状态管理等功能；支持远程参数同步配置功能，以支持上报地址、频率等参数调整及设备复位等管理要求；具备设备安全防护技术，包括设备安全加固、设备唯一可信认证、设备通讯加密、设备安全态势感知及设备安全修复等全方

位的 IoT 设备安全。

3.远程操控。通过对物联网设备的远程操控，实现数字城市对物理城市的反向控制；针对具有一定运算和处理能力的设备，实现智能干预。

4.态势感知。支持多制式设备协同、海量物联数据汇聚分析；物理规律和机理分析；支持在海量数据积累的基础上，同云计算、深度学习等技术融合，推演城市环境中不同管理要素的变化规律，实现态势预测。

（二）全要素数字化表达能力：实现精准映射

全要素数字化表达能力，实质上是城市物理实体的三维模型表达，通过空天、地面、地下、水下的不同层面和不同级别的数据采集，结合新型测绘技术，对城市进行全要素数字化和语义化建模，实现由粗到细、从宏观到微观、从室外到室内等不同粒度、不同精度的城市孪生还原，形成全空间一体化并且相互关联的城市数据底板，实现数字空间与物理空间一一映射，为数字孪生城市可视化展现、智能计算分析、仿真模拟和智能决策等提供数据基础，共同支撑城市智慧应用。主要建模方式如下图。

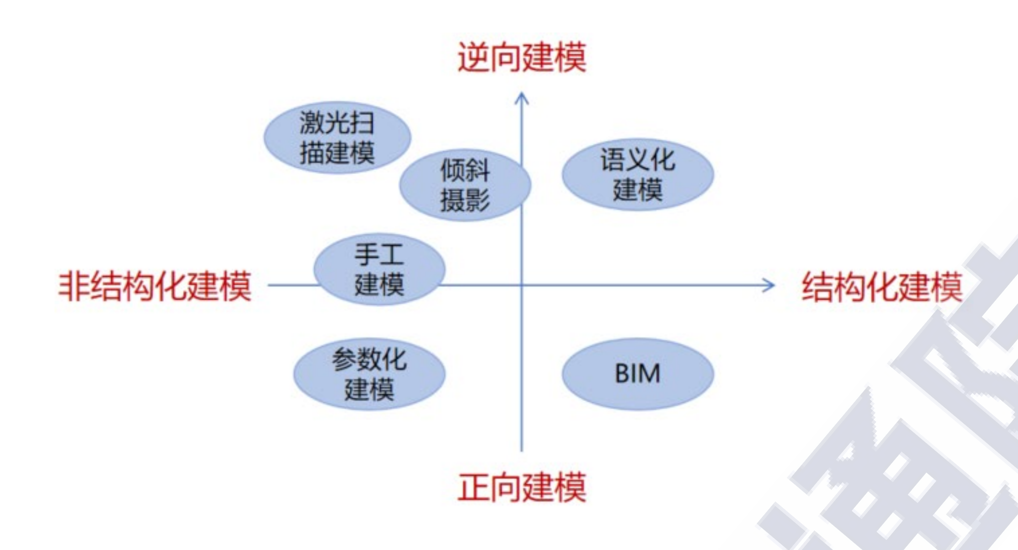


图 11 主要建模方式分类

从建模方式区分，主要分为正向设计建模和逆向测绘建模。正向设计建模，主要基于现有城市基础地理信息，不需要现场测绘数据，以二维矢量信息或者利用参数化设计工具来完成，这种方式适合于规划设计阶段的新建区域。逆向测绘建模，则是针对现有物理实体反向构建模型，通过测摄、影绘、传感器等获取城市结构和纹理信息，利用自动化建模工具完成城市数字化三维重建，这种方式更适合于城市中已建成区域。

从建模成果区分，主要分为非结构化模型和结构化模型两类。非结构化建模，包括传统手工建模、倾斜摄影建模、激光扫描建模等，这类模型具备物理实体的几何结构和纹理贴图，可以真实反映实体属性，但难以满足专题查询、空间分析和空间数据挖掘等结构化分析计算需求，应用场景受限。**结构化建模，**主要包括语义化模型和 BIM 模型等，这类模型不仅具有几何信息，还具有语义和拓扑装配关系的描述。其中，BIM 模型虽然具有精细的几何和语义信息表达，但扩展性较差且不具备空间地理信息，在单个建筑等局部范围用途广泛，不

适合大范围城市范围应用；语义化模型可有效实现不同领域数据与空间信息集成及互操作，在当前各类数字孪生城市企业中使用广泛。

其主要能力包括但不限于：

1.全要素数字化标识能力。数字孪生城市具备全域数字化标识能力，对城市要素进行精确标识，实现对城市资产数据库的物体快速索引、定位及关联信息加载，可利用北斗网格码、行政区域编码相结合的方式，将空间剖分、时间细分整合为物体的唯一标识，实现对万事万物的统一编码管理，支撑数据资源互联互通。

2.全要素场景图层呈现。城市全要素场景包含有多个图层，每一层分别有不同的数据要素，主要包括地理方面的地形层、道路层、建筑层、绿化层、水域层，以及城市治理方面的人口层、产业层、部件层、公共服务资源层等多类图层的展示。其中地理方面的图层展示相对成熟，城市治理方面的图层展示有待加强。



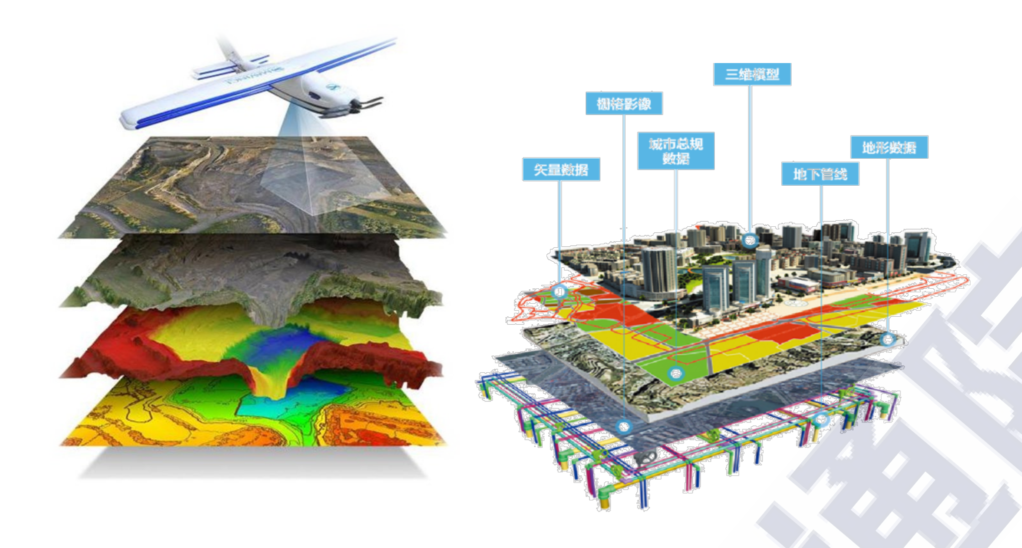


图 12 城市图层模型示意图

3.全要素实体模型呈现。全要素的实体模型呈现即城市基础骨架，是针对城市实体单体的建模，针对不同应用领域对实体对象精细程度的需求，多尺度、分层次在数字空间呈现实体，涵盖建筑、交通、植被、水系、城市设施、管线等全要素地理实体类型。

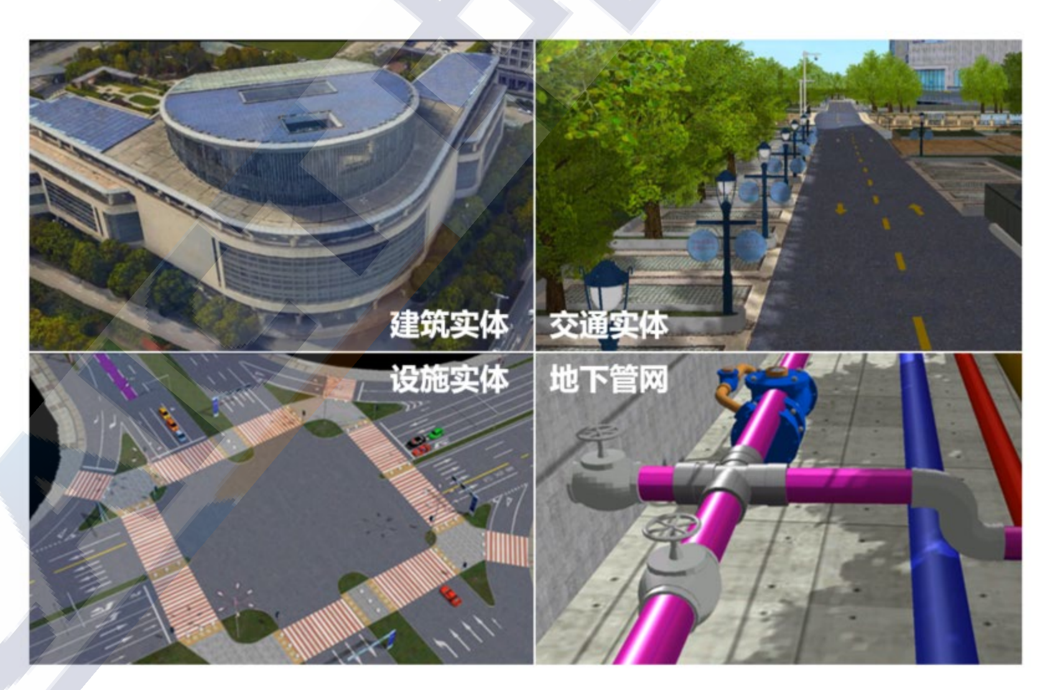


图 13 全要素地理实体模型表达

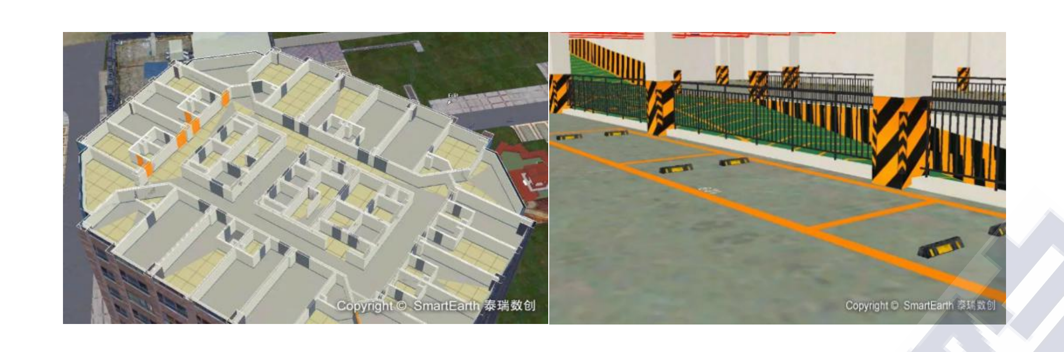


图 14 室内细粒度实体与地下空间实体表达

4.全要素实体更新和索引。实体模型数据的更新包括全局数据更新以及局部数据更新。实体通过统一标识编码进行索引，实现数据调用和更新操作。



图 15 物理实体的 BIM 模型数据更新

（三）可视化呈现能力：数字城市“打开方式”

可视化呈现能力，是指通过图形引擎，多层次实时渲染呈现数字孪生体的能力。既可以渲染宏大开阔的城市场景，又可展示地理信息局部特征，实现城市全貌大场景到城市细节，再到城市实时视频的多层次渲染，真实展现城市样貌、自然环境、城市细节、城市实时交通等各种场景，实现空间分析、大数据分析、仿真结果等可视化，实现

大屏端、桌面端、网页端、移动端、XR 设备端多终端一体化展示，满足不同业务和应用场景需求。

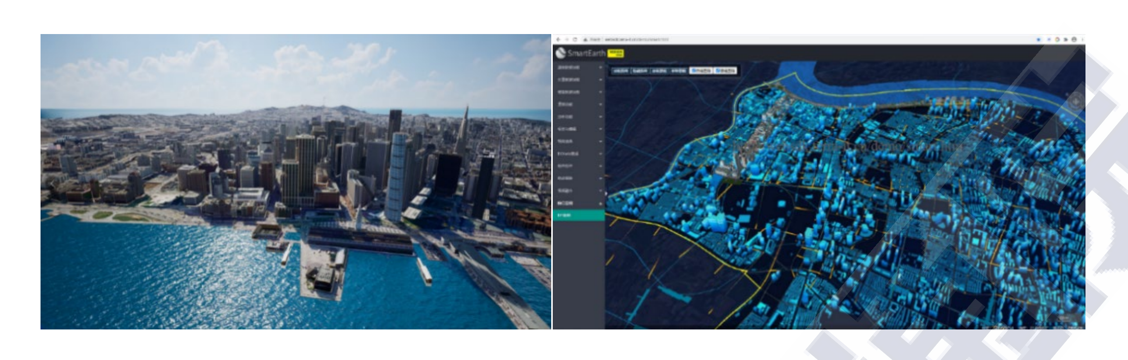


图 16 游戏引擎与 WebGL 引擎渲染效果

其主要能力包括但不限于：

1.三维实体的可视化渲染。根据物理实体的几何、颜色、纹理、材质等本体属性，以及光照、温度、湿度的环境属性，进行可视化。



图 17 城市实体的可视化渲染效果图

2.大数据可视化渲染。针对特定数据属性，定向分析数据统计结

论，提供数据的系统表现能力，以数据视图的形式动态呈现数据、指标等变化情况，也可针对多类型数据做单一化趋势、变化、状态呈现。



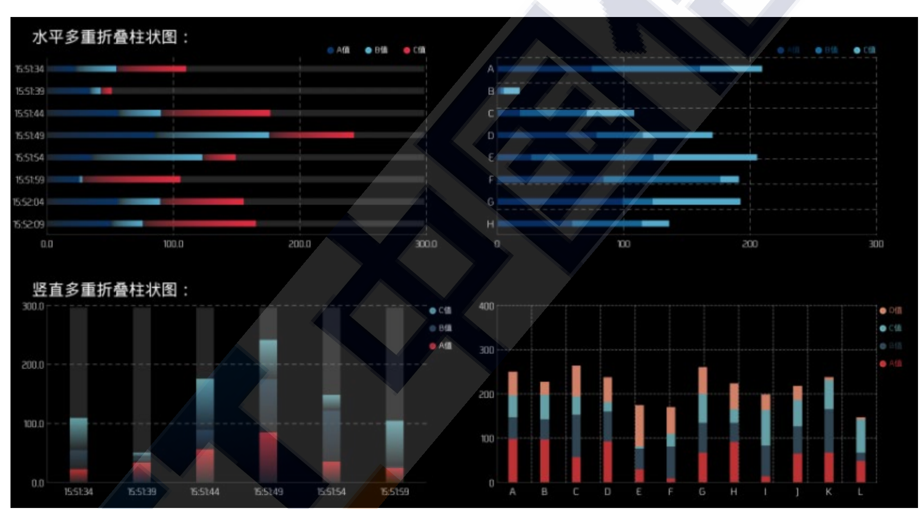


图 18 大数据可视化效果图

3.**业务逻辑可视化渲染。**针对特定行业，提供业务管理与业务流程的可视化渲染，根据行业研究经验与行业业务工作界面类型进行业务流程逻辑拆分。事前，用户界面的静态数据呈现，静态业务管理呈现，静态人员及关系元素的呈现。事中，对事件、业务的流程化监控、处理方式监督、执行方案监管进行呈现。事后，回溯事件的产生及发生过程，对闭环业务、闭环事件的全流程可视化。



图 19 消防告警处置业务流程可视化

4.应用场景可视化渲染。根据业务需求、场景范围等条件，呈现具体场景渲染效果，主要包括超大场景动态缩放加载渲染、自然现象的效果渲染等。动态缩放加载渲染可以根据距离加载不同层级的场景，以控制整体的渲染效果，每个场景区域可以独立动态加载。



图 20 超大场景动态加载效果



图 21 雨雪条件下的场景渲染效果

（四）数据融合供给能力：建立数据资源体系

数据融合供给能力，包括数据集成融合能力和数据供给能力，其中数据融合是以城市多源、多类型数据为基础，以城市时空数据为主要索引，构建多层次时空数据融合框架，形成以基础地理和自然资源数据为基础、以政务数据为主干、以社会数据为补充的全空间、全要素、全过程、一体化的时空数据体系。数据供给是指面对物理实体产生的不同类型、不同形态、不同来源的海量数据，在保证数据实时性要求、质量要求的前提下，以数据流方式供给行业机理模型、数据驱动模型，使数字孪生能够更为精确全面的呈现和表达，更准确地实现动态监测、趋势预判、虚实互动等核心功能。

其主要能力包括但不限于：

1. **数据关联集成能力**。以管理对象（实体模型对象）为关联标识，将城市各种原始的、离散的业务数据叠加在统一的三维空间、一维时间之中，通过对管理对象的各种属性信息、业务状态信息进行多维关

联，实现数据关联、业务集成。

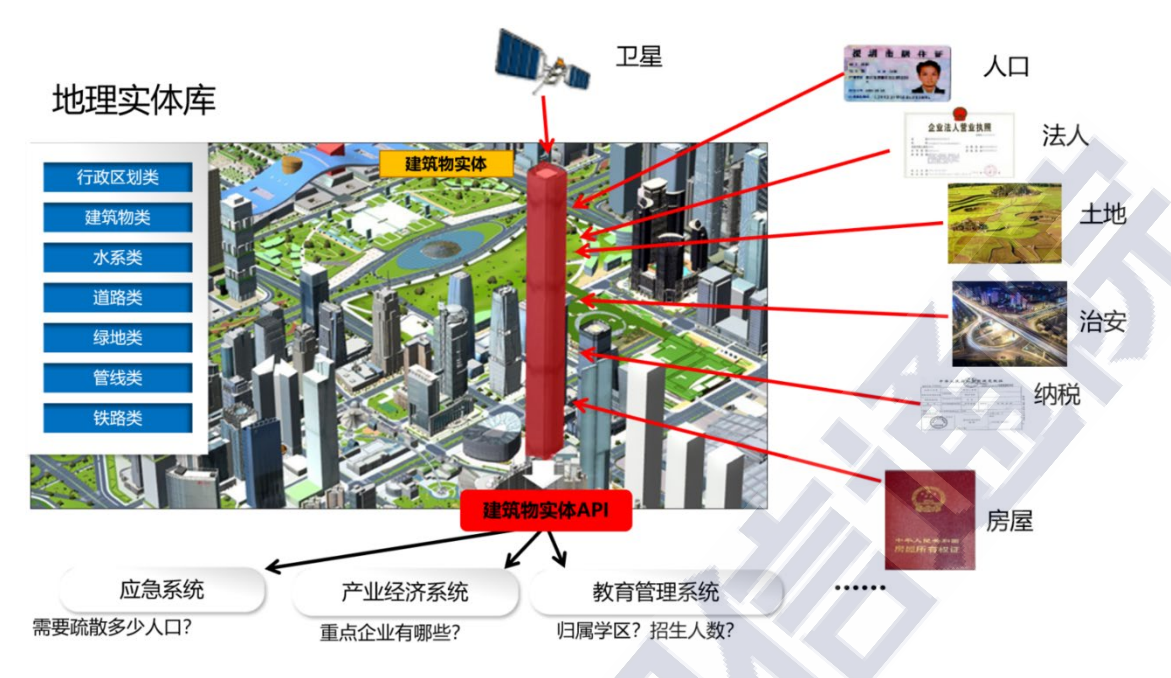


图 22 建筑物与业务系统数据集成图

2.数据模型融合能力。以业务运行模型为基础，通过节点（实体模型对象）及节点之间逻辑关系，构建物理实体之间关联关系、指标关系、空间关系等，从而快速形成数据模型及知识图谱，通过统一的数据模型及知识图谱融通相关数据资源，主要包括物理对象属性数据、物理对象活动运行数据、物理对象之间的关系数据等。

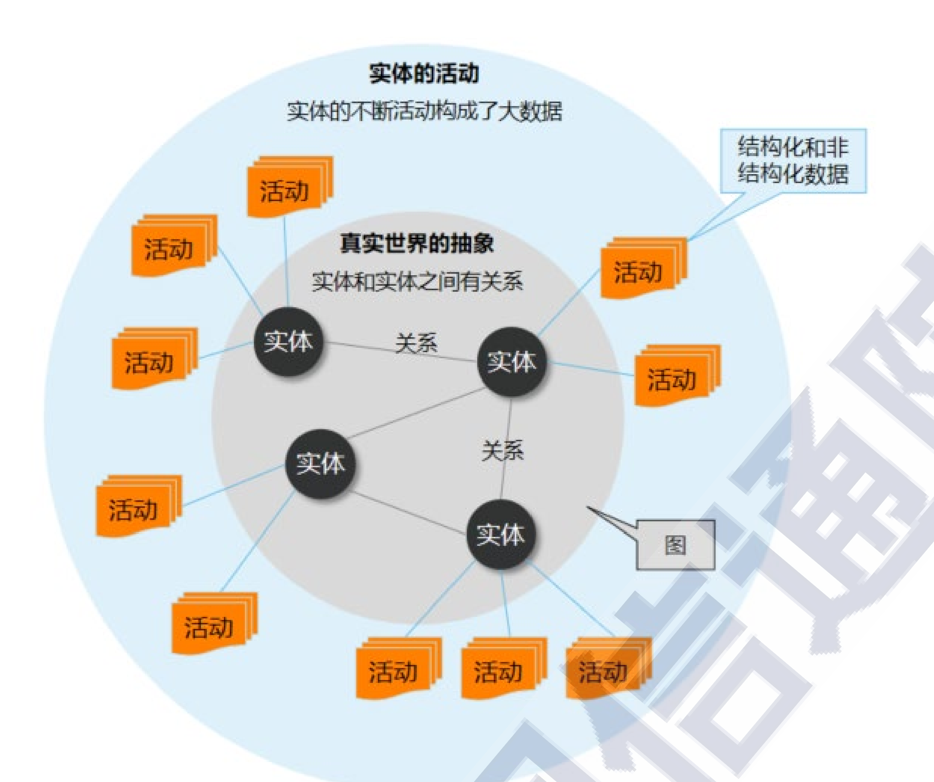


图 23 实体数据模型融合

3.数据服务供给能力。与智慧城市类似，数字孪生城市应支持统一的数据服务目录功能，基于数据服务目录形成各类数据消费接口的数据组装能力，实现快速数据接口定义、发布以及数据接口的权限控制。支持实时和历史数据接口服务，以满足对实时数据和历史数据的消费场景需求。支持界面化的数据接口服务管理、向导模式和脚本模式来生成 API、界面化编辑接口脚本实现 API 的创建。

（五）空间分析计算能力：优化要素空间布局

空间分析计算能力，是指基于数字孪生城市三维模型，结合时空网格技术、北斗定位服务等，针对具体业务需求，进行空间数据相关计算、分析、查看、展示的能力，包括距离测量、面积测量、体积测量等测量能力，叠加分析、序列分析和预测分析等时空分析，路径规

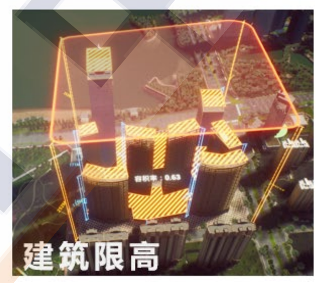
划、漫游定制、可视域分析等场景分析，以及全景图定制以及场景标注等。

其主要能力包括但不限于：

1.**空间测量功能**。可在三维场景中进行线段长度测量，闭合图形面积与周长的测量。满足三维空间测距、测地块面积、测城市建筑高度、外立面面积等需求。







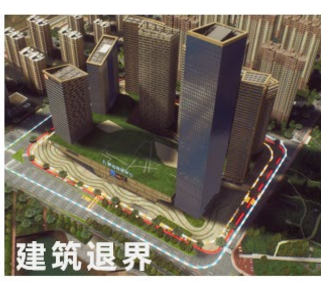


图 24 空间限高分析计算

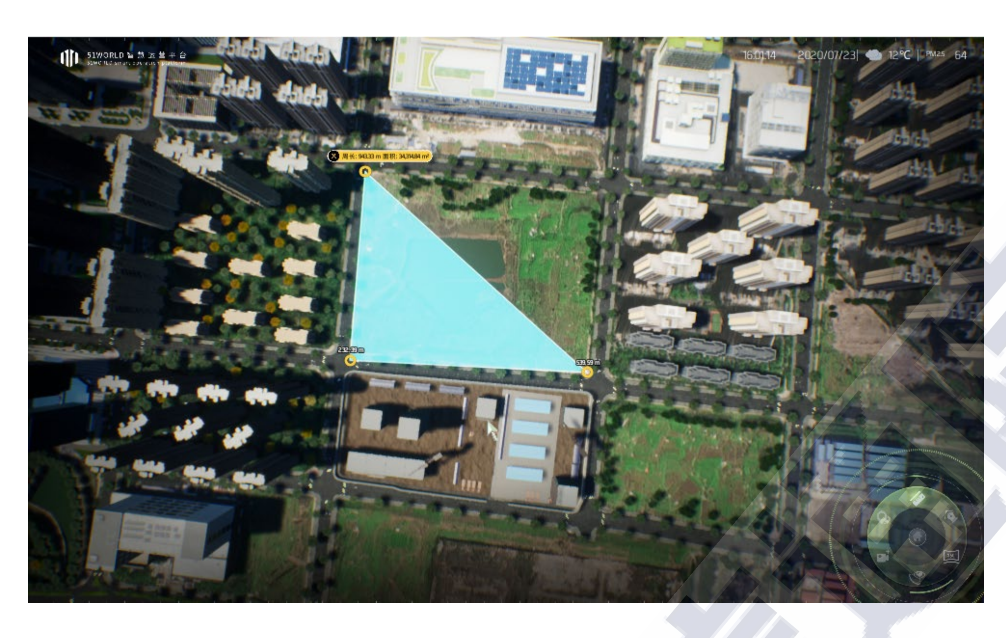


图 25 空间面积计算

2.可视域分析功能。可以展示基于某个观察点，展示一定的水平视角、垂直视角及指定范围半径内区域所有通视点的集合，可以帮助了解城市空间内任一点的可见区域情况。这一工具可以用于安保监控的可视域范围判断，地产招商中视线遮挡判断，旅游景点中的风景评价体系，区域公共资源配置合理性分析，以及通讯中的信号覆盖、森林防火观察台设置等用途。



图 26 基于光照点的空间阴影分析



图 27 基于观察点的可视域分析

3.**空间路径规划**。结合城市 GIS 数据，根据真实世界中的路网分布，实现起始点与目的地之间的最短路径绘制与规划。当发生应急事故时，可以迅速制定应急方案，就近整合调度应急物资，集合应急救援队伍等。



图 28 空间路径规划

4.**空间对象搜索和统计分析**。通过制定特定空间区域，快速定位搜索对象，快速统计空间中对象数据等。

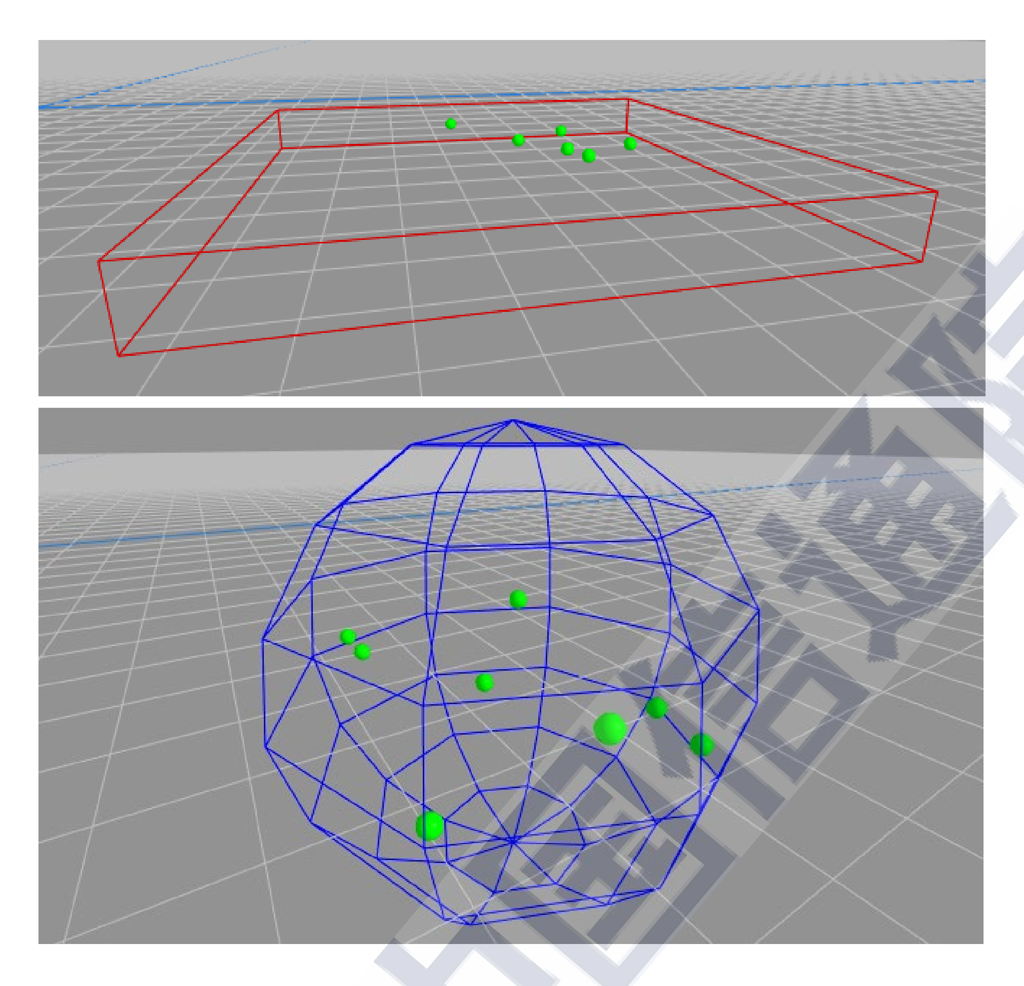


图 29 空间对象搜索

（六）模拟仿真推演能力：预测未来发展态势

模拟仿真推演能力，是在数字空间中通过数据建模、事态拟合，进行某些特定事件的评估、计算、推演，为管理方案和设计方案提供反馈参考。与物理世界相比，数字世界具有可重复性、可逆性、全量数据可采集、重建成本低、实验后果可控等特性。在虚拟孪生世界中，可以为城市规划、城市更新、应急方案、无人车训练等方案的评估与优化提供细化的、量化的、变化的、直观化的分析与评估结论。

其主要能力包括但不限于：

1.**空间类模拟仿真**。涉及到体积、容积、距离、面积、碰撞、遮

挡、强度、刚度等空间矢量参数的模拟仿真，常用在可视域分析、日照时长计算、深度计算、水体气体淹没与扩散、无人车训练、产品设计等典型场景。



图 30 人流疏散仿真

2.流程类模拟仿真。涉及到父子级关系、前后拓扑关系、串联并联、节点分散、流转效率等流程参数的模拟仿真，常用在应急事件流程推算、工厂生产流程搭配、物流仓储接驳、交通流量管理等场景。



图 31 工厂生产流程仿真

3.空间—流程综合类模拟仿真。融合前两类的要素，并叠加复杂的数学计算，常用在应急预案方案评估、人群疏散推演、产业政策调整效果预估、港口翻箱优化场景、工厂产线单元布置、无人车训练、智能驾驶人机交互、大型复杂综合交通态势仿真推算等。



图 32 应急预案按照流程在数字空间推演



图 33 港口工业作业流程仿真

（七）虚实融合互动能力：打通两个世界接口

虚实融合互动能力，是指针对具体对象或业务，数字空间与物理空间之间的互操作与双向互动，既能在数字空间再现与影响现实世界，也可在现实世界中进入虚拟空间，二者满足实时、动态、自动、互动等属性。包括数字孪生场景的自动实时动态演变、数字孪生运行态势自动实时动态还原、数字孪生系统反向干预物理世界、物理世界多入口触达数字孪生系统等多种需求。

其主要能力包括但不限于：

1.**视频虚实融合能力。**数字孪生下的视频融合要比常规融合有更高的要求。通过多路镜头重建三维立体空间，糅合在三维数字孪生模型中，实现镜头的聚焦、缩放、切换、视野调整，而非简单的视频贴图。



图 34 智慧园区实时视频融合案例

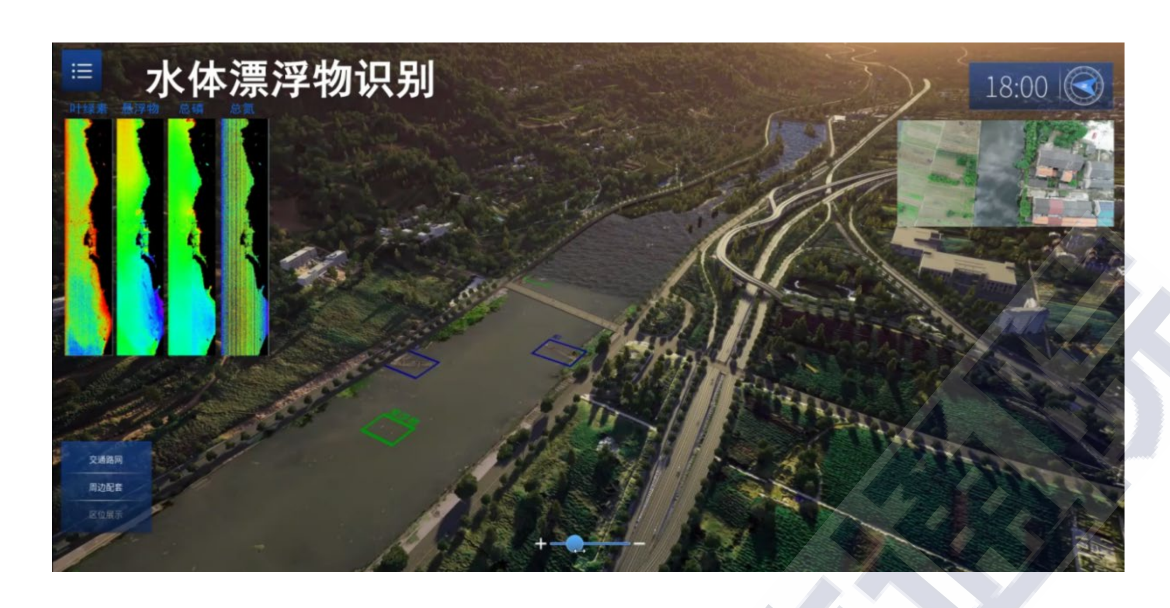


图 35 河道无人机实时视频融合监控

2.倾斜摄影动态加载能力。智慧城市中倾斜摄影是覆盖面较广、应用时间长、使用成本低的技术，特别是相较于 BIM 和点云。数字孪生城市保持和物理城市的同步变化，倾斜摄影的动态支持显得不可或缺。



图 36 植被倾斜摄影数据与模型动态整合

3.跨终端的人机交互能力。针对人员无法进入或者还没有物理实现的特殊场景，通过远程 VR 控制以及 AR 方式，实现人员对物理场景的决策增强。例如通过 VR 进入虚拟厂房进行设备巡检，将真实的设备运行数据实时映射到虚拟场景中，完成厂房的运维巡检维护等工

作。通过打通不同控制设备的执行协议，实现对控制终端的操作，完成虚实信息融合和控制融合，实现双融合闭环。

（八）自学习自优化能力：辅助城市管理决策

自学习自优化能力，是指利用计算机视觉、机器学习、知识图谱等人工智能技术，实现城市运行数据感知—图像智能识别—知识图谱构建—数据深度学习—智能决策的循环，通过对城市数据的深度学习，推动智慧城市自我优化运行，满足政府、企业、市民的按需、即时和精准决策需求。

其主要能力包括但不限于：

1.**计算机视觉分析能力**。使用计算机模仿人类视觉系统，让计算机拥有类似人类提取、处理、理解和分析图像以及图像序列的能力，相关技术具体包括图像分类、目标跟踪、语义分割。目前计算机视觉最广泛的应用是人脸识别和图像识别。城市综合治理、自动驾驶、机器人、智能医疗等领域均需要通过计算机视觉技术从视觉信号中提取并处理信息。

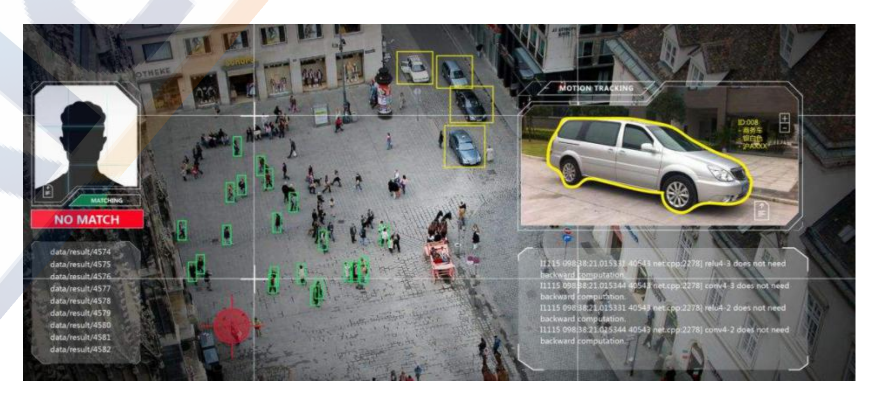


图 37 基于计算机视觉的城市治理问题自动发现

2.**自我学习优化能力**。利用机器学习技术和知识图谱，通过学习

历史事件、发现其中规律、给出优化策略，形成修正决策进而自动优化预案并执行，有效提高城市运行管理与服务效能。

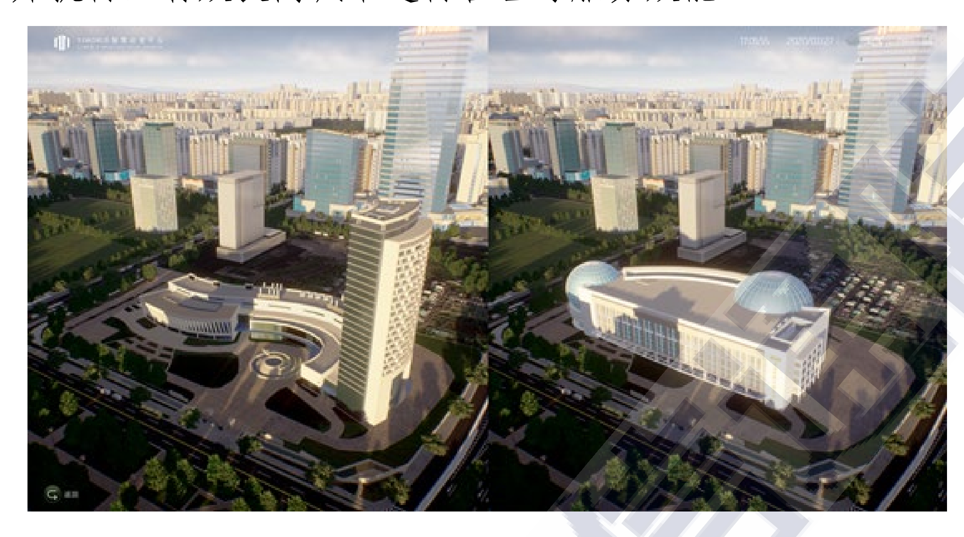


图 38 规划方案对比智能自动比对



图 39 基于区域特性的智能精准招商

（九）众创扩展能力：形成应用创新平台

众创扩展能力，是在数字孪生城市中枢平台基础上，将城市信息模型（CIM）更新编辑服务、数据集成处理服务、仿真算法服务、行业应用开发服务等应用能力集开放，让面向行业应用的产品设计者、技术开发者、运营管理者等各类群体参与到数字孪生城市建设中，形

成能力开放和应用创新平台，为全社会各类应用赋能。

其主要能力包括但不限于：

1.城市信息模型（CIM）更新编辑服务能力。通过 CIM 数据更新编辑 API 开放平台，融合各类实体数据，吸引全社会用户参与实体场景数据采集、实体场景建模、城市级模型加载引擎等方面工作，有力支撑 CIM 与物理城市同生共长，实时同步更新且可编辑。

2.物联网及业务数据接入处理能力。物联感知数据是城市实时运行数据，是数字孪生城市建设的重要基础，通过搭建标准化、统一的物联网接入与调用平台，提高物联网数据获取的便捷性，简化数字孪生城市和现实世界的对接。

3.行业应用及模拟算法服务能力。目前数字孪生城市应用仍处于碎片化开发状态，行业解决方案壁垒较深，导致建设成本高涨，通过进一步解耦、提炼、封装等，构建通用化的行业应用算法模板，为城市规划仿真、内涝淹没分析、交通方案优化、应急疏散模拟等城市治理及各行业精准规划、方案优化提供支持。

4.行业应用开发工具能力。面向城市运营管理和各垂直行业的海量数字孪生应用场景的功能应用开发需求。提供行业应用扩展开发工具集，赋能行业应用开发者，结合行业应用场景构建功能应用，实现众创扩展能力，让数字孪生城市实现更大应用价值。

三、数字孪生城市当前主要问题

（一）推进目的和方向不清，应用场景深度不足

一是有些地区为了蹭热度，概念不清，方向不明，脱离实际业务需求和应用场景，盲目跟风上马数字孪生项目，追求表面的无损刻画、缺乏对业务逻辑的深层理解，忽视对城市运行治理的有效支撑。数字孪生产品可以做到每个设备细节、甚至螺丝钉都形成孪生体，但城市更需要孪生刻画城市运行规律、复杂社会关系、回溯历史以及展现未来发展态势，瞄准核心问题而不是关注一砖一瓦、一草一木的“过度孪生”。**二是城市规划、建筑管理等行业性孪生应用多，基于数字孪生的城市治理、服务等应用普遍深度不足。**由于城市级异构大数据汇集和跨行业跨领域应用还处于初级阶段，各专业、各行业领域的算法模型成熟度不高、尚待沉淀，另一方面，数字孪生模型与数据融合不深，应用主要体现为静态可视化，数字空间的模拟仿真、态势预测等价值远未释放，不少应用以数字孪生之名，行传统信息化之实。**三是目前市场缺乏规范的建设指引，**数字孪生城市技术的复杂性，使产业界对整体解决方案还处于各显奇能的探索之中，具有长期考量、实现体系化布局、面向深度应用需求的建设方案还比较少。

（二）城市信息模型重复建设，孪生底座亟待整合

数字孪生城市源于“一张图”的 GIS、BIM、CIM 实践，但高于条线“一张图”建设。城市管理部门对城市数字底图都有强烈需求。**一般城市至少存在三张底图，**即住房与城乡建设系统推进的城市信息模型平台，自然资源与国土规划主导的时空大数据平台，公安政法条线依托进行城市安全和综合治理的城市底图。每个底图自成体系，一般仅支撑本系统内应用，无法随需、随时支撑其他部门调用，且数据

积淀已久，难以放弃也难以整合。长期以来智慧城市条线强协同弱，没有明确牵头部门，即使有些地方成立了大数据局，但协调统筹力度仍然不足，多张底图如何整合，谁来整合，形成城市级统一的数字底图和数据资产，是数字孪生城市建设首先要面对的问题。

（三）缺乏统一 CIM 平台规范，数据融通标准缺失

数字孪生城市的核心在于构建 CIM 平台，难点之一是统一时空框架表达。当前，数字孪生城市尚未形成可兼容异构信息系统的统一标准的时空数据底层框架，机构和厂商各自推进，难以确保统一编码、多模态数据的精准融合表达。**难点之二是城市矢量时空、建模、政府业务数据、物联网等多源数据的融合处理存在一定困难。**矢量数据、栅格数据、模型数据、点云数据等涉及多个专业，存在多种数据采集或设计建模软件标准格式，格式间存在数据融通的壁垒。各部门业务系统数据格式不统一、数据权限不明确、数据对接机制不健全，都将制约数字孪生城市作用的发挥。

（四）关键技术存在卡脖子风险，亟待创新突破

当前数字孪生城市涉及的新型测绘、标识感知、协同计算、全要素表达、模拟仿真等多项关键技术自身发展和融合应用还有待加强。海量数据加载技术、云边计算协同技术、模拟仿真技术等成熟度不高；利用人工智能、边缘计算对动态数据快速分析处理能力不足；设计软件大部分由国外企业主导，核心技术自主水平不足，基础研究有待加强，通过构建软件开源生态，带动基础软件创新突破。GPU 芯片、

操作系统、驱动中间件与国外存在一定差距，传感器从技术到成本都不能满足全域感知部署需求，需要靠市场来进行培育。

四、数字孪生城市推进策略与建议

（一）明晰方向统筹推进，构筑统一 CIM 平台

一是厘清数字孪生城市发展方向，目标导向与需求导向统一。因地制宜做好数字孪生城市顶层设计，避免在行业信息化、智慧城市等传统业务上直接贴标签，要将数字孪生城市与城市治理现代化场景、业务需求紧密结合，同时考虑城市未来发展规律和信息技术演进方向，稳妥务实、以点带面推进数字孪生城市落地应用。

二是建立统筹推进的组织体系和管理机制，避免条线分割的单兵作战。建议数字孪生城市建设由城市管理者一把手牵头设立专项工作组，由大数据局或数据资源管理部门作为实施牵头单位，住建局、规划与自然资源局、城管局、公安局等主要部门协同配合，共同参与。

三是统一共性需求，协同推进 CIM 建设。对数字孪生城市 CIM 平台和应用项目进行整体立项，在立项前实现部门协同，统一征集各部门对城市一张底图的共性需求。针对现有条线系统的城市底图和数据资源进行评估，选择技术先进、数据完整、拓展性强的 CIM 平台或时空大数据平台，以此为基础扩展成为城市级的 CIM 平台，如果改造成本高、时间长、难度大，那么由大数据局部门牵头，高起点建设新平台也是一种合理的选择。

（二）抓住小切口大突破，多措并举培育应用

一是从局部封闭区域切入，逐步拓展覆盖范围。受管理机制、数据协调和技术成本等因素影响，数字孪生城市应从社区、园区、校园、港口等小范围的封闭区域开始，逐步向城市全域、城乡一体化以及陆海空天一体化的孪生大世界过渡，局部切入逐步外扩。充分考虑数据源质量、区域大小、区域属性，形成“一张白纸”的新城新区版以及建成城市版。

二是建立高低多种配置版本，实现不同孪生颗粒度。充分考虑不同地区采用的数据和信息的类型、数据和信息的颗粒度、数据和信息的时效性等因素，同时考虑场景渲染、数据集成、空间计算、模拟仿真等技术能力成熟度，形成不同孪生精度的配置版本，便于城市（区）管理者选择。

三是建立基于统一底座发展多样服务的数字孪生应用体系。针对规划部门、建设部门和社会管理等部门需求，基于城市统一数字孪生平台，分别建立支撑规划、建设、城市治理的数字孪生城市应用体系。

（三）建立相关数据标准，促进数据融合与应用开发

一是加快确立城市信息模型标准。研究制定CIM框架标准，形成兼容不同数据类型、不同信息系统的统一城市信息模型，实现多源空间、模型数据准确集成，以及多模态数据融合表达。

二是加快完善多元异构数据融合处理标准规范。将矢量、栅格、网格、模型、点云、政务、感知等各类数据统一格式、编码，形成全周期的数据标准规范，构建多源异构数据的融合处理能力，形成面向CIM平台的信息资源与空间位置服务规范标准。

三是建立城市级海量数据的实时接入服务标准，研究数据动态加载、数据供给、数据服务等标准，实现跨行业、跨领域的数据实时接入。建立政府与社会各行业数据联动机制，制定数字孪生城市信息共享制度和数据安全保护规范。

（四）基础研究和创新实践并行，强化产业生态合作

一是加强数字孪生城市基础研究。真正达到精准映射、孪生并行、虚拟服务现实的要求，都有大量的基础理论需要深入研究，大量的技术方案需要探索，大量的应用场景需要验证，大量的机制规范需要突破。在创新实践的同时，应加强基础研究，筑牢数字孪生城市根基。

二是加强产业生态合作。数字孪生本质是一个知识集成、技术集成、数据集成、算法集成、工具集成、应用集成等智力集成的巨大工程，必须有一个强有力的产业生态提供支撑并进行紧密协作才能成功。产学研应加强战略、技术、标准、市场等全方位协作，针对基础共性技术和应用基础技术，形成齐心协力、协同攻关的局面。

三是城市层面开放数据和相关资源，支撑方案不断成熟。政府层面，应主动开放数据资源，为数字孪生城市技术方案和应用场景迭代开发与测试验证创造条件，促进建设方案不断成熟，应用不断深化。另一方面，政府应从机制上进行变革，建立适应数字孪生技术架构的管理架构，才能更好地推动城市治理现代化发展。

中国信息通信研究院

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮政编码：100191

联系电话：18500738362

传真：010-62304980

网址：www.caict.ac.cn

